

Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu

David Vojtek

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Vojtek**
Osobní číslo: **T16119**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukce formy pro vstřikování plastového výrobku automobilu**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Proveďte konstrukci 3D modelu zadaného plastového dílu
3. Navrhněte 3D model vstřikovací formy
4. Nakreslete 2D výkres sestavy vstřikovací formy

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ZEMAN, Lubomír. **Vstřikování plastů: teorie a praxe**. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
2. OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. **Injection molding handbook**. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6
3. BEAUMONT, John P. **Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding**. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 14. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem čtyřnásobné vstřikovací formy pro zadaný plastový výrobek, který slouží jako krycí součást. V teoretické části se popisuje obecné rozdělení polymerů, technologie vstřikování a hlavní části vstřikovacího stroje. Dále popisuje obecné zásady pro konstrukci vstřikovaných výrobků a vstřikovacích forem. Praktickou část bakalářské práce tvoří konstrukce 3D modelu vstřikované součásti a vstřikovací formy zpracované v programu CATIA V5R19.

Klíčová slova: vstřikovací forma, vstřikování, konstrukce, polymer

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with quadruple injection mold for the specific plastic product, which serves as a cover component. The theoretical part describes the general division of polymers, the injection molding technology and the main part of the injection molding machine. Furthermore it describes general rules for construction of injected products and injection molds. The practical part of this bachelor thesis is made up of the 3D construction of the partials injected model and injection mold in the CATIA V5R19 program.

Keywords: injection mold, injection, design, polymer

Tímto bych chtěl velmi poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, užitečné rady a čas, který mi věnoval při vypracovávání této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 VSTŘIKOVÁNÍ.....	11
1.1 ROZDĚLENÍ PLASTŮ.....	11
1.2 ROZDĚLENÍ TERMOPLASTŮ.....	11
1.3 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI POLYMERŮ.....	12
1.4 VOLBA VHODNÉHO TERMOPLASTU PŘI NÁVRHU VÝROBKU.....	12
1.5 PŘÍPRAVA PLASTU PŘED VSTŘIKOVÁNÍM.....	13
1.5.1 Granulace.....	13
1.5.2 Recyklace.....	13
1.5.3 Sušení termoplastů.....	14
1.6 VSTŘIKOVACÍ CYKLUS.....	14
1.7 VLIV A JEDNOTLIVÉ ČASY VSTŘIKOVACÍHO CYKLU.....	15
1.7.1 Strojní doby.....	15
1.7.2 Doba vstřikování.....	15
1.7.3 Doba dotlaku.....	16
1.7.4 Doba plastikace.....	16
1.7.5 Doba chlazení.....	16
2 VSTŘIKOVACÍ STROJ.....	17
2.1 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA.....	17
2.2 UZAVÍRACÍ JEDNOTKA.....	18
2.2.1 Hydraulické uzavírací ústrojí.....	19
2.2.2 Hydraulickomechanické uzavírací ústrojí.....	20
2.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí.....	20
2.3 OVLÁDÁNÍ A ŘÍZENÍ STROJE.....	21
3 VSTŘIKOVACÍ FORMY.....	22
3.1 KONSTRUKCE FORMY.....	23
3.1.1 Postup při konstrukci formy.....	23
3.1.2 Zaformování výstřiku.....	24
3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny.....	24
3.2 SMRŠTĚNÍ.....	24
3.3 VTOKOVÝ SYSTÉM.....	25
3.4 STUDENÝ VTOKOVÝ SYSTÉM.....	25
3.4.1 Zásady řešení studených vtokových systémů.....	26
3.4.2 Vtokový kanál.....	27
3.4.3 Rozváděcí kanál.....	28
3.4.4 Vtokové ústí.....	28
3.4.5 Bodový vtok.....	29
3.4.6 Tunelový vtok.....	29

3.5	VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA	30
3.5.1	Vyhřívané trysky	31
3.5.2	Vyhřívané rozvodové bloky	31
3.6	VYHAZOVÁNÍ VÝSTŘIKŮ	32
3.6.1	Pneumatické vyhazování	33
3.6.2	Mechanické vyhazování	34
3.6.3	Hydraulické vyhazování	34
3.7	TEMPEROVÁNÍ FOREM	35
3.7.1	Charakteristika temperačního systému	36
3.8	ODVZDUŠNĚNÍ FOREM	36
3.9	MATERIÁLY FOREM	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	38
4	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	39
5	SPECIFIKACE VÝSTŘIKU	40
5.1	VSTŘIKOVANÝ DÍL	40
5.2	MATERIÁL VÝSTŘIKU	40
5.2.1	Vlastnosti ABS	41
5.2.2	Využití ABS	41
6	VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE	42
7	KONSTRUKCE FORMY	43
7.1	NÁSOBNOST FORMY	43
7.2	ZAFORMOVÁNÍ VÝSTŘIKU	44
7.3	TVAROVÉ ČÁSTI FORMY	45
7.4	VTOKOVÝ SYSTÉM	46
7.5	VYHAZOVACÍ SYSTÉM	47
7.6	BOČNÍ ODFORMOVÁNÍ	47
7.7	TEMPERAČNÍ SYSTÉM	48
7.8	ODVZDUŠNĚNÍ	49
7.9	MANIPULAČNÍ SYSTÉM	49
	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK	55
	SEZNAM PŘÍLOH	56

ÚVOD

V dnešní době jsou pro nás plastové výrobky samozřejmostí a s některými z nich bychom si nevěděli život ani představit. Je to důkazem toho že plasty se stávají víc a víc oblíbenými a nahrazují materiály, jako jsou kovy, dřevo nebo sklo. Existují technologie jakou je i vstřikování plastů a ta nám umožňuje za poměrně přijatelnou částku udělat výrobek složitých originálních proporcí nebo také obyčejné menší tvary jednodušší konstrukce, které jsme schopny chrlit v nepřeberném množství. Setkáváme se s nimi denně v naší domácnosti, kdykoli usedneme do osobního automobilu nebo když letíme letadlem na dovolenou.

Vstřikování plastů patří k mírně složitější technologii tepelně-mechanického procesu. Výroba se provádí na vstřikovacích strojích. Ty se skládají z několika částí a výrobek se nám vytvoří právě ve vstřikovací formě. Ta podléhá určitým požadavkům jako například odolnost proti teplotnímu zatížení, vysokým tlakům a její celková konstrukce nám musí zaručit kvalitní výrobek, který nebude problémem vyhodit z dutiny formy.

Návrh konstrukce formy je složitý proces. Proto jsou zde některé firmy, které se soustředí na výrobu normalizovaných součástí do těchto vstřikovacích forem. Dále nám pomáhají dnes už vyspělé softwarové programy. Díky tomu jsme schopni ušetřit mnoho času a financí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VSTŘIKOVÁNÍ

Jedná se o nejpoužívanější technologii pro zpracování termoplastů, polymerních směsí, kompozitu a jiných. Vychází z technologie tlakového lití, ale za výrazně jiných teplot zpracování a tokových vlastností termoplastů. Vstřikováním se vyrábějí polotovary nebo díly pro další zkompletování a také samozřejmě výrobky co mají charakter konečného výrobku. Velkou výhodou vstřikování je, že výrobky mají vysokou rozměrovou i tvarovou přesnost. [2]

1.1 Rozdělení plastů

Plasty jako materiál jsou látky, jejichž struktura je tvořena makromolekulárními řetězci. Rozdělují se na dva základní typy:

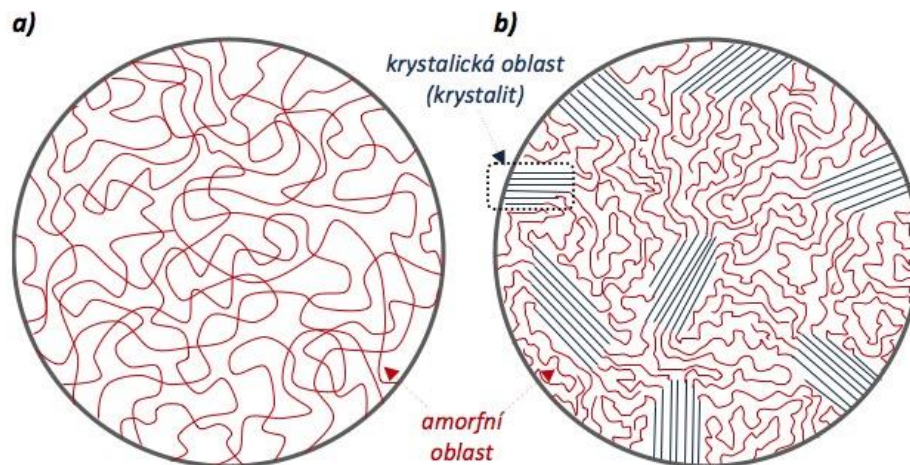
- termoplasty – mají řetězce přímé neboli jinak lineární polymery a dále řetězce s bočními větvemi neboli jinak tzv. rozvětvené polymery. Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců, hmota se stane viskózní a může se tvářet. Po ochlazení se dostanou opět počátečního pevného stavu,
- reaktoplasty – mají řetězce příčně propojeny chemickými vazbami a vytváří prostorovou síť. Při ohřevu dochází k zesíťování neboli vytvrzení plastu a nelze tvarovat.

Při nadměrném ohřevu dojde u obou polymerů k tzv. degradaci. Chemické vazby se přetrhají a další zpracování je bezpředmětné. [1]

1.2 Rozdělení termoplastů

Termoplasty jsou jedny z nejrozšířenějších skupin plastů. Tyto lineární nebo rozvětvené polymery, jejichž řetězce tvoří jen jeden druh základní chemické skupiny, se nazývají homopolymery. Jsou složeny z více druhů základních chemických skupin a nazývají se kopolymery. Z hlediska vnitřní struktury se termoplasty dále dělí na:

- amorfní – mají řetězce nepravidelně prostorově uspořádané,
- semikrystalické – podstatná část řetězců je pravidelně nebo těsně uspořádána a tvoří krystalické útvary. Zbytek má amorfní uspořádání. [1]



Obr. 1: Nadmolekulární struktura amorfního a semikrystalického polymeru [12]

1.3 Základní vlastnosti polymerů

Vlastnosti polymerů se mohou měnit i vlivem různých přísad a tím splnit požadavek volby vhodného plastu. Jako přísady se používají:

- prášková plniva – mění především fyzikální a mechanické vlastnosti plastu,
- vláknitá plniva – vyztužují hmotu a zvyšují pevnost,
- změkčovadla – pro získání měkkosti a ohebnosti u tvrdých polymerů,
- barviva – slouží k získání žádaného barevného odstínu,
- stabilizátory – zlepšují odolnost proti vyšším teplotám při jejich zpracování, proti UV záření, stárnutí apod.,
- nadouvadla – uvolňují při zpracování plyny a vytváří tak lehčenou strukturu plastu díky svým zvláštním vlastnostem. [1]

1.4 Volba vhodného termoplastu při návrhu výrobku

Při návrhu je třeba uvážit konkrétní podmínky jejího provozního zatížení i celkové využití. Taková součást musí mít mimo požadovaných mechanických a fyzikálních vlastností také k výrobě vhodný tvar s dosažitelnou jakostí povrchu a rozměru. Optimální volbu plastu pak posuzujeme z následujících hledisek:

- funkce součásti musí splňovat definované požadavky,

- zvolená technologie výroby musí být reálná a na určeném stroji poměrně snadno realizovatelná, při dodržení požadovaných parametrů,
- ekonomická při výběru plastu z hlediska technologie výroby součásti i formy. [1]

Výsledným zhodnocením uvažovaných hledisek může konstruktér zvolit vhodný plast nebo i více podobných materiálů. Mezi těmito zvolenými typy potom rozhodují už jen méně významné vlivy jako je dostupnost plastu, estetické vlastnosti apod. Obecně platí, že tvar výrobku a jeho vlastnosti musí odpovídat použitému plastu a zvolené technologii. Pro optimální návrh plastového výrobku a materiálu je třeba širokých znalostí a doporučuje se spolupráce s odborníky v daném oboru. [1]

1.5 Příprava plastu před vstřikováním

Před vlastním technologickým procesem zpracování plastů se používají technologické postupy a procesy, které připraví nebo upraví plast podle požadovaných konečných vlastností. Přípravná technologie neslouží jen k ovlivnění konečných vlastností plastů, jako jsou fyzikální, mechanické, chemické, tepelné, apod. vlastnosti ale také k přípravě plastů z hlediska jejich dávkování a dopravy. Mezi technologie přípravného zpracování plastů patří například technologie míchání a hnětení, tabletování, granulace, recyklace a sušení materiálu. [2]

1.5.1 Granulace

Plasty se v technologických procesech používají v různém tvaru. Jedním z nejpoužívanějších tvarů jsou granule, které mohou mít tvar např. krychle, čítek, válečků. Granule mají dobrou sypanou hmotnost a lze je dobře míchat s dalšími materiály a také jsou dobře dávkovatelné. [2]

1.5.2 Recyklace

Během zpracování plastů dochází ke vzniku určitého procentuálního objemu výroby, který nelze zařadit mezi výrobky požadované kvality, tvaru, rozměru a vlastností. Nazýváme jej odpadem. Odpad se dělí na:

- technologický – vzniká při výrobě (vtokové systémy, vadné výrobky, odstříky, apod.). Může se vracet zpět do výroby,

- užitný – plastové díly, které byly používány, a projevuje se na nich proces stárnutí. Užitný odpad je znehodnocen nevratnými změnami vlastností, ale také bývá znečištěn. Většinou má i povrchové úpravy a proto se zpětně používá jen velmi omezeně.

Odpad je možné pro další zpracování používat buď ve formě recyklátu, nebo regenerátu:

- recyklát – jsou plastové díly a plastový odpad, který je pouze nadrcen, rozemlet,
- regenerát – nebo regranulát, je rozemletý nebo nadrcený odpad, který byl před dalším zpracováním granulovaný a případně upravený přísadami, plnivými nebo aditivami.

Odpad, který se hodí pro zpracování na průmyslové aplikace, musí být z hlediska čistoty a rozřídění specifikován jako čistý tříděný odpad. [2]

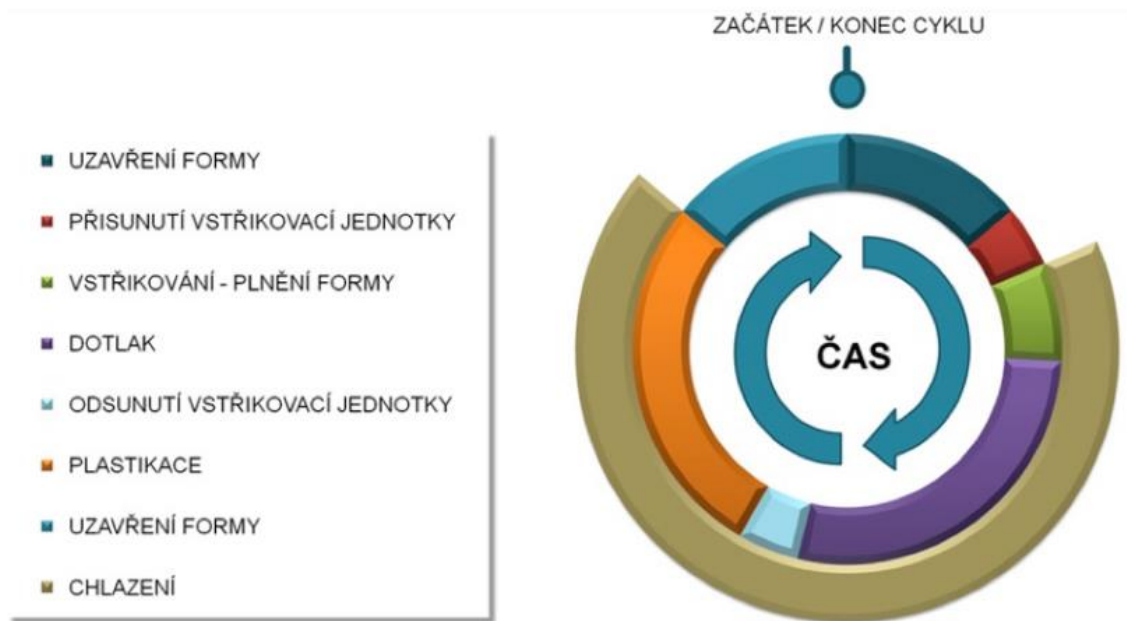
1.5.3 Sušení termoplastů

Valná většina termoplastů pohlcuje vlhkost z ovzduší, a tím může docházet k degradaci polymeru, čímž dojde k snížení kvality některých parametrů a zhoršení kvality povrchu. Výstřiky jsou poté bez povrchového lesku, špatně se vyjímají z formy a v místě vtoku mají povrchové vady. [1]

1.6 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus tvoří sled přesně daných úkonů. Při popisu vstřikovacího cyklu je nutno přesně definovat jeho počátek. Za počátek cyklu můžeme považovat okamžik odpovídající impulsu k uzavření formy. [4]

Postup vstřikování vypadá následovně. Plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán pracovní částí šnekem, který hmotu dopravuje do tavicí komory kde za účinku tření a topení plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zcela vyplní její tvar. Následuje dotlak pro snížení smrštění. Plast předává formě teplo a i díky teplotě ztuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je vyhozen pomocí vyhazovacího systému. Následně se celý cyklus opakuje. [4]



Obr. 2: Vstřikovací cyklus [14]

1.7 Vliv a jednotlivé časy vstřikovacího cyklu

Jednotlivé části vstřikovacího cyklu trvají různě dlouho a jsou i ovlivňovány např. geometrií výstřiku a technologickými podmínkami vstřikování. [4]

1.7.1 Strojní doby

Strojní doby na uzavření a otevření formy závisí na rychlosti pohybující se formy a na dráze, kterou musí forma urazit. Dráha pro otevření formy je dána rozměrem výstřiku ve směru otevření formy a musí být dostatečně velká, aby bylo možné výrobek z formy vyjmout. Konečná doba strojních časů nepřesahuje několik málo sekund. [4]

1.7.2 Doba vstřikování

Doba plnění dutiny formy se odvíjí od rychlosti vstřikování neboli od rychlosti pohybu šneku vpřed. Závisí zejména na teplotě taveniny a na vstřikovacím tlaku. Vliv má i teplota formy, objem výstřiku a jeho tvar. Dále ji ovlivňuje řešení vtokové soustavy a druh polymeru. Doba plnění se pohybuje od zlomku sekundy do několika málo sekund. Doba plnění se snažíme mít co nejkratší, protože vstřikovaná tavenina se s dotykem o chlazenou formu ochlazuje a ztrácí tekutost, což může vést k ztuhnutí a nezaplnění celé dutiny formy. [4]

1.7.3 Doba dotlaku

Po naplnění dutiny formy následuje stlačování hmoty, kdy tlak prudce stoupne a rychlost náhle klesne. Je nutné snížit tlak, aby nedošlo ke vzniku tlakové špičky, zvětšení hmotnosti a rozměrů výstřiku a k vysokému namáhání formy. Právě snížením tlaku neboli přeprnutím na dotlak můžeme předejít těmto negativním jevům. Doba dotlaku závisí převážně na průřezu vtokového kanálu a zpravidla trvá několik sekund. Dotlak nám kompenzuje smrštění během chladnutí a aby nevznikaly staženiny a propadliny. [4]

1.7.4 Doba plastikace

Čas, který je potřebný aby došlo k zplastikování dávky polymeru a k jeho rovnoměrnému zhomogenizování a umístění dávky před čelo šneku. Velikost zplastikované dávky musí zajistit naplnění tvarové dutiny formy a její vtokové soustavy. Také musí kompenzovat změnu objemu vyvolanou smrštěním. [4]

1.7.5 Doba chlazení

Doba chlazení je nejdelší část z celého cyklu a pohybuje se od několika sekund až do rozmezí několika málo minut. Odvíjí se od tloušťky stěn výstřiku, druhu polymeru, teplotě taveniny i formy. Chladnutí již probíhá během fáze vstřikování a pokračuje během dotlaku. Dochází ke značným změnám stavových veličin, teploty, tlaku a měrného objemu. [4]

2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

Vstřikovací proces se uskutečňuje na moderních strojích většinou plně automatických, takže dosahují vysoké produktivity práce. Pořizovací náklady na strojní zařízení i vstřikovací formy jsou značně vysoké. Tato technologie se proto převážně hodí pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Vstřikovací stroj se skládá z:

- vstřikovací jednotky,
- uzavírací jednotky,
- řízení a regulace. [4]



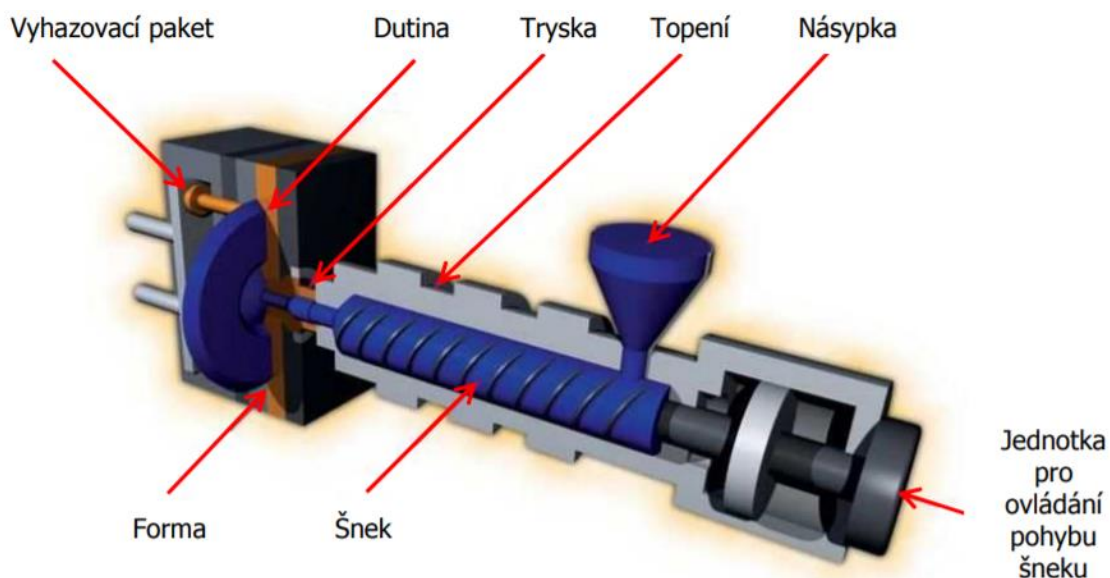
Obr. 3: Vstřikovací stroj [13]

2.1 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka plní dva hlavní úkoly. Přeměňuje granulát polymeru na homogenní taveninu o dané viskozitě, vstřikuje taveninu pod vysokou rychlostí a velkým tlakem do dutiny formy. Na konci minulého století se používali vstřikovací jednotky pístové. Využívali princip z lití roztavených kovů pod tlakem. Dnes se však používají v drtivé většině jednotky se šnekem. Takováto jednotka má za úkol převést do plastického stavu v co nejkratší době co největší množství hmoty. Zároveň zajistit maximální teplotní homogenitu taveniny. [1]

Vstřikovací jednotka začne svoji práci tak, že do tavného válce je dopravován polymer z násypky pohybem šneku. Polymer je posouván šnekem s možnou regulací otáček přes vstupní, přechodové a výstupní pásmo. Postupně se začíná polymer plastifikovat, homogemizovat a hromadit před šnekem. Současně se šnek odtlačuje do zadní polohy. Topení tavné komory je rozděleno do tří pásem. Vstupní, střední a výstupní pásmo. Teplo vzniká pomocí tření a disipací. [1]

Na konci tavné komory se nachází tryska, která má svoje zvláštní topení. Tryska spojuje vstřikovací jednotku s formou. Kulové zakončení trysky zaručí přesné dosednutí do sedla vtokové vložky formy. Jejich souosost, menší průměr otvoru a menší poloměr trysky, než je u sedla vtokové vložky, jsou podmínkou správné funkce. [1]



Obr. 4: Popis vstřikovací jednotky [15]

2.2 Uzavírací jednotka

Úkolem uzavírací jednotky je zavírat a otevírat formu podle procesu vstřikování. Musí zajistit uzavření formy takovou silou, aby při vstříknutí tlakem taveniny nedošlo k otevření formy. Současné stroje mají programovatelnou rychlost a sílu uzavírání vstřikovací formy. [4]

Uzavírací jednotka se skládá z několika hlavních částí:

- vodící sloupky,
- pevná a pohyblivá upínací deska s potřebným upínacím systémem,

- mechanismus, který je zdrojem síly potřebným k otevírání a zavírání formy. [5]

Podle pohonu, který zajišťuje posuvy pohyblivé desky, se uzavírací jednotky dělí na:

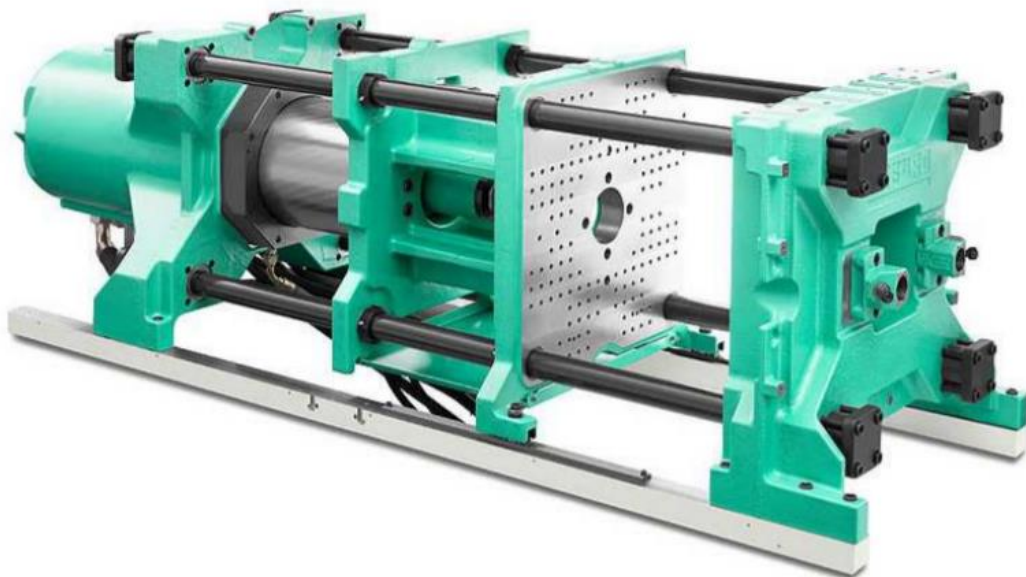
- elektrické – zdrojem pohybu je elektromotor,
- hydraulické – hydraulický píst.

Hydraulický píst, může být napojen přímo na pohyblivou desku, což označujeme za hydraulický uzavírací systém. Další možností je jako u elektromotoru kde je síla přenášena přes další mechanický systém a tyto systémy nazýváme:

- hydraulicko-mechanické,
- elektro-mechanické. [5]

2.2.1 Hydraulické uzavírací ústrojí

Jedno z nejjednodušších uzavíracích ústrojí. Výhodou tohoto uzavírání je jednoduchost. K získání velkých uzavíracích sil jsou však zapotřebí velké hydraulické válce a k zajištění dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značné množství hydraulické kapaliny. Problémy mohou nastat s utěsněním pístů velkých rozměrů. [3]



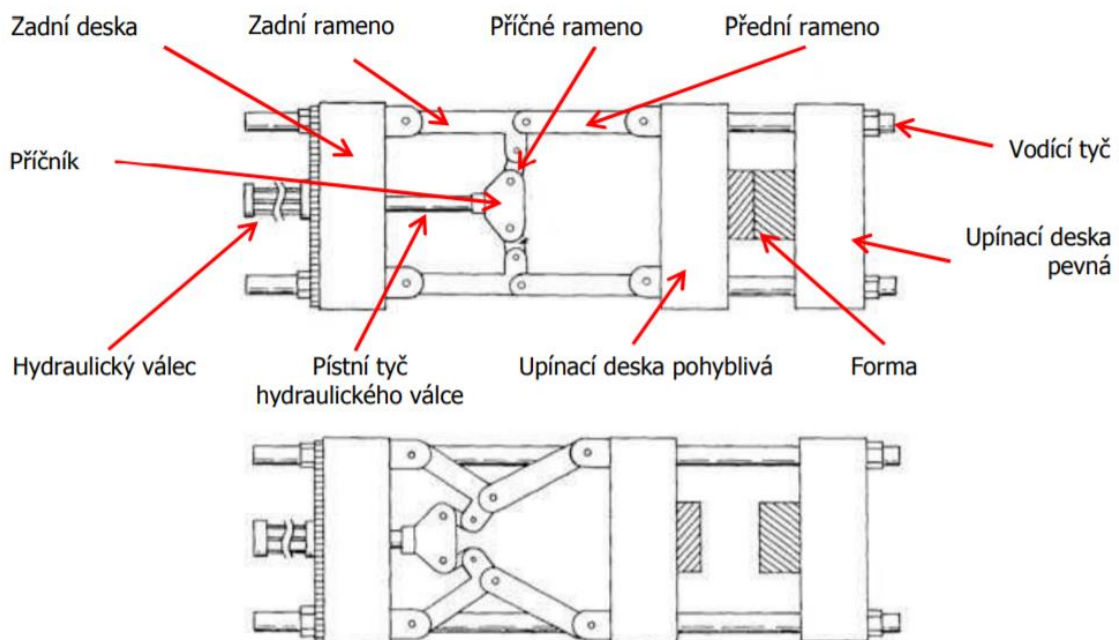
Obr. 5: Hydraulické uzavírání stroje [15]

2.2.2 Hydraulickomechanické uzavírací ústrojí

V tomto uzavíracím ústrojí se využívá příslušné uzavírací síly s malým hydraulickým válcem přes vhodný systém pákových převodů. Kinematickým uspořádáním mechanismu se docílí příznivých silových poměrů, tak i rychlostních. Nejčastější používanou skupinou uzavíracích mechanismů jsou takzvané kloubové uzávěry. Postupným vývojem se vytvořili dvě základní uspořádání:

- s válcem v ose stroje,
- s válcem mimo osu. [3]

U obou případů mají tyto stroje hydraulický válec malého průměru s malou spotřebou tlakové kapaliny. [3]



Obr. 6: Hydraulicko-mechanické uzavírání stroje [15]

2.2.3 Elektromechanické uzavírací ústrojí

Příprava tlakové energie pro pohon hydraulických válců je v dnešní době velmi energeticky náročná. Proto jsou snahy některých výrobců o přímě použití elektrických pohonů v uzavíracích jednotkách. Jedná se především o nahrazení přímočarého hydraulického motoru elektromotorem s klikovým mechanismem. K výhodám elektromechanických uzavíracích ústrojí patří jejich konstrukční jednoduchost, vysoká uzavírací rychlost a automatizace pracovního cyklu. Z dalších výhod je menší energetická náročnost. [3]

2.3 Ovládání a řízení stroje

Stupeň řízení a snadná obsluha stroje je dobrým znakem jeho kvality. Stálá reprodukovatelnost technologických parametrů je značným a nutným faktorem. Pokud tyto parametry nepřiměřeně kolísají, projeví se to na kvalitě a přesnosti výrobku. Řízení stroje proto musí být zajištěno vhodnými řídicími a regulačními prvky. [1]

Nastavení stroje je řídicím systémem také kontrolováno (zpětná vazba). Alternativní volba a úprava programu se pak může lehce uskutečnit za pomoci barevné obrazovky. Na přesnosti a jakosti výstřiku má řízení stroje rozhodující vliv. Tím že určuje a dodržuje přesnost:

- nastavení výše i doby vstřikovacího tlaku, dotlaku, rychlosti vstřiku a chlazení. Tyto parametry určují převážně přesnost a toleranci výstřiku,
- nastavením doby a výšky teploty taveniny, její homogenizací jsou určeny fyzikální a mechanické vlastnosti výstřiků. [1]

Mimo stroje a polymeru ovlivňují tyto hodnoty i forma, její teplota a doba chlazení. [1]

3 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma je komplexní systém, který musí splnit mnoho požadavků vycházejících z procesů. Forma dává tavenině po ochlazení výsledný tvar a rozměry výrobku. Vše při zachování požadovaných fyzikálních a mechanických vlastností. Její dobrá kvalita plní požadavky:

- technické – zaručují správnou funkci formy. Musí vyrobit požadovaný počet součástí v náležité kvalitě a přesnosti. Žádoucí je také splnění podmínky snadné manipulace i obsluhy při výrobě součástí.
- ekonomické – vyznačují se nízkou pořizovací cenou, snadnou a rychlou výrobou dílů při vysoké efektivitě práce.
- společenskoestetické – umožňují vytvářet vhodné prostředí při běžné práci. Nutné dodržení všech bezpečnostních zásad při konstrukci, výrobě i provozu formy. [1], [7]



Obr. 7: Vstřikovací forma [16]

3.1 Konstrukce formy

Výroba požadovaných dílů probíhá na vstřikovacím stroji a ve formě v relativně krátkém čase, za působení tlaku a teploty a dalších nutných parametrů. Z toho vyplývají požadavky na stroj a formu, které spolu úzce souvisí. U formy se vyžaduje:

- vysoká přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch vyhotovené dutiny formy a ostatních funkčních dílů,
- maximální pevnost a tuhost jednotlivých částí formy včetně celků pro zachycení potřebných tlaků,
- správná funkce formy, vtokový systém, vyhazování, temperování a podobné,
- vyhovující životnost zaručená konstrukcí, materiálem i výrobou.

Vyšší nároky na přesnost a jakost forem se vždy projeví ve zvýšené pracnosti při jejich konstrukci a výrobě. Aby nedošlo k nedokonalé funkci, snížené přesnosti a životnosti je nutné respektovat zásady a směrnice. [1]

3.1.1 Postup při konstrukci formy

Konstrukční návrh s výkresem vyráběné součásti a dalšími údaji, jsou podkladem pro konstruktéra forem. Konstrukce pak má následující postup:

- posouzení výkresu součásti z hlediska rozměrů, tvaru a tvářecích podmínek. Je potřeba překontrolovat rozměry, tolerance a další důležité části výkresu,
- určení nebo upřesnění dělicí roviny součásti a způsob zaformování,
- přesné dimenzování tvarových dutin a jejich uspořádání ve formě,
- stanovení koncepce temperačního a vyhazovacího systému i odvodušnění,
- navržení rámu formy s ohledem na určenou typizaci, počet a rozmístění dutin, systém temperace formy a vyhození,
- uspořádání středění a upínání formy na stroj s ohledem na bezpečnost práce,
- zkontrolování funkčních parametrů formy, hmotnost výstřiku, vstřikovací a uzavírací tlak a další faktory. Vše s ohledem na doporučený stroj.

Koncepce konstrukce vstřikovací formy musí směřovat k snadné a možné výrobní technologii podle stanovených požadavků. [1]

3.1.2 Zaformování výstřiku

Vhodná volba dělicí roviny a zaformování výstřiku je rozhodující k zásadám konstrukce formy. Umožní dodržet tvar a rozměry výstřiku i ekonomiku výroby. [1]

Dělicí rovina bývá nejčastěji rovnoběžná s upínáním formy. Může být i šikmá, různě tvarovaná, případně vytváří u výstřiků s bočními otvory hlavní a vedlejší dělicí plochy. V takovém případě jde o koncepci obtížnější na výrobu formy. Nepřesnost v dělicí rovině může způsobit nedovření formy během plnění. To má za následek vznikání otřepů nebo zvětšení rozměrů výstřiku ve směru uzavírání formy. Proto je potřeba, aby dělicí rovina:

- umožnila snadné vyjmutí výstřiku z formy,
- byla jednoduchého geometrického tvaru, pravidelná,
- probíhala v hranách výrobku,
- splňovala požadavek výroby přesných rozměrů, směr technologických úkosů a souosost výstřiku,
- stopa po dělicí rovině nesmí zapříčiňovat funkční nebo vzhledové závady. [1]

3.1.3 Dimenzování tvarové dutiny

Tvar a rozměr funkčních dílů tvoří po jejím uzavření tvarovou dutinu. Jejich správné dimenzování je důležitou etapou konstrukčních řešení. [1]

Povrch i rozměry výstřiku jsou dány přesností tvarové dutiny a kvalitou její plochy složené z tvárnice, tvárníku, jader a tvarových vložek. Přesnost dutin se pohybuje v rozmezí IT 8 až IT 10. Jsou ovlivněny třemi činiteli:

- smrštění plastu,
- výrobní tolerance,
- opotřebení dutiny formy. [1]

3.2 Smrštění

Velikost smrštění je rozdíl mezi rozměrem dutiny formy a skutečným rozměrem výstřiku. Udává se v %. Velikost závisí na teplotní roztažnosti plastu a dalších parametrech. [1]

Rozděluje se smrštění do dvou časových fází. Velikost pracovního smrštění se určí 24 hodin po výrobě výstřiku a představuje až 90% z jeho hodnoty. Zbytek je dodatečné smrš-

tění. To probíhá poměrně dlouho v závislosti na typu polymeru. Smrštění lze zrychlit temperací tzv. stabilizací výrobku. [1]

3.3 Vtokový systém

Vtokový systém formy zajišťuje při vstřiku vedení roztaveného plastu od vstřikovacího stroje do tvářecí dutiny formy. Naplnění dutiny taveninou má proběhnout v co nejkratším čase a s minimálními odpory. [1]

Průtok taveniny vtokovým systémem je provázen poměrně složitými tepelně-hydraulickými poměry. Rozměry a tvar vtoku spolu s umístěním jejího ústí ovlivňují:

- vlastnosti výstřiku, rozměry a vzhled,
- spotřeba materiálu plastu,
- náročnost opracování na začištění,
- energetickou náročnost výroby. [1]

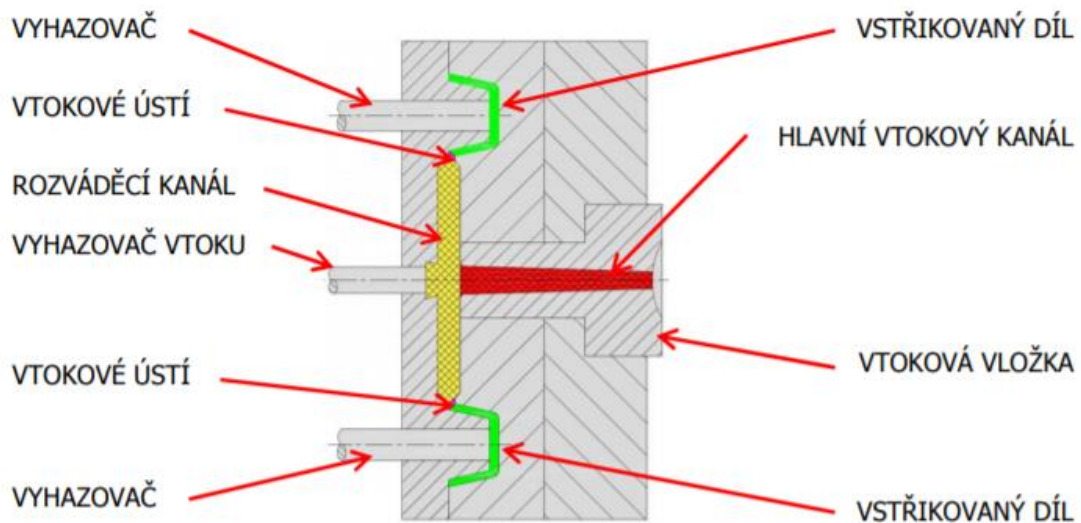
Rozdíly v celkovém uspořádání jsou dány konstrukcí formy a její násobností. U vícenásobných má tavenina za úkol dotéct ke všem ústím vtoku se stejným tlakem a současně. [1]

3.4 Studený vtokový systém

Vtokový systém musí dovést taveninu bez výrazného smykového namáhání, bez výrazné tlakové ztráty a rychle do dutiny formy. U vícenásobných forem musí také ještě umožnit naplnění tvarových dutin ve stejném okamžiku, za stejného průtoku taveniny, se stejným tlakem a teplotou. [9]

Tavenina se vstřikuje velkou rychlostí do relativně studené formy. Během průtoku studeným vtokovým systémem viskozita taveniny na vnějším povrchu roste, nejnižší je uprostřed. Vysoká viskozita má za následek vyšších tlaků v systému (40 až 250 MPa). [1]

Ztuhlá povrchová vrstva vytváří tepelnou izolaci vnitřnímu proudu taveniny. Dojde k zaplnění celé dutiny. Při zaplnění vzroste prudce odpor a poklesne průtok. V dutině formy nastává tuhnutí taveniny odvodem tepla do stěn formy. Další doplnění taveniny může být provedeno elastickým stlačením. [1]



Obr. 8: Schéma studeného vtoku [17]

3.4.1 Zásady řešení studených vtokových systémů

Funkční řešení vtokového systému se musí zabezpečit:

- dráha toku od vstřikovacího stroje do dutiny byla co nejkratší,
- dráha toku byla ke každé tvářecí dutině stejně dlouhá a tím zajistila rovnovážné plnění,
- průřez vtokových kanálů tak aby byl dostatečně velký a byla jistota, že po vyplnění tvářecí dutiny bude jádro taveniny ještě stále v plastickém stavu a tím se umožní působení dotlaku. Také je potřeba přihlížet na spotřebu plasty.

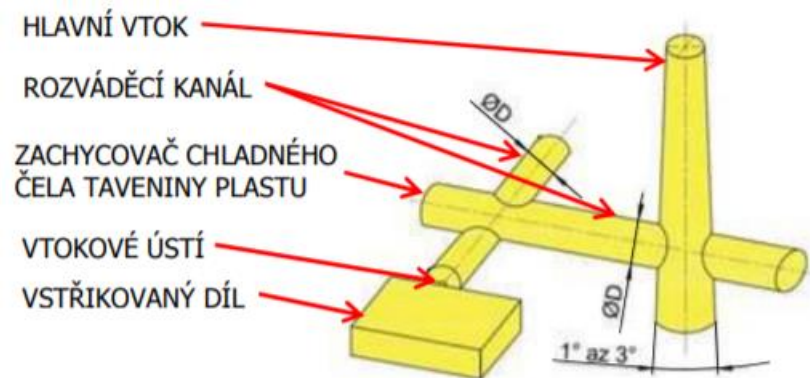
Vtokový kanál by měl mít při minimálním povrchu co největší průřez. Tím se zabezpečí minimální ztráty ochlazováním. Této podmínce vyhovuje kruhový průřez. Z výrobních důvodů volíme i tvar lichoběžníkový, který je podobný. [1]

U vícenásobných forem je vhodné odstupňování průřezů kanálů. Tím se zachová stejná rychlost taveniny. [1]

Aby bylo možno uvedené zásady splnit je potřeba dodržet:

- zaoblení všech ostrých hran vtokových kanálů min. $R = 1 \text{ mm}$,
- stanovit úkosovitost všech vtoků, pro snadné odformování,
- vyleštit povrch vtokového systému orientovaného ve směru vyjímání,
- vyřešit zachycení čela proudící taveniny prodloužením rozváděcího kanálu,

- ve vtokovém systému zamezit místům s velkým nahromaděním materiálu,
- nedělat větvení vtokového systému pod ostrým úhlem. [1]



Obr. 9: Vtoková soustava [17]

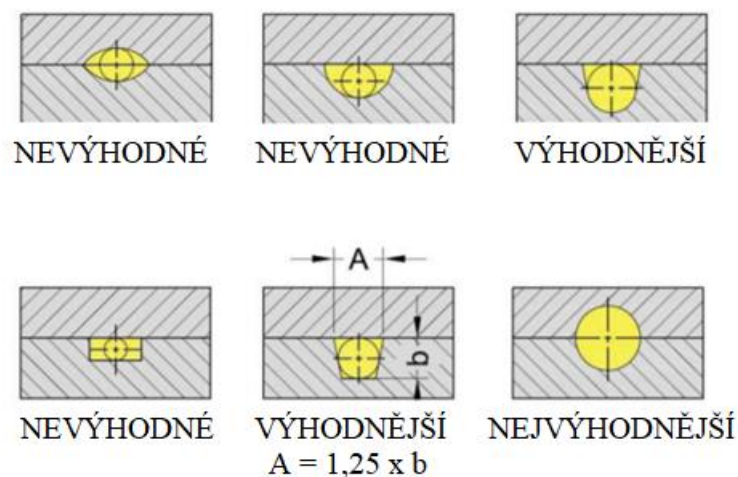
3.4.2 Vtokový kanál

Nejčastěji používaným je kuželový vtokový kanál, vytvořený uvnitř vtokové vložky. Ústí do rozváděcích kanálů nebo i přímo do výstřiku. Vyrábí se z pevné, houževnaté oteřuvzdorné oceli a je tepelně zpracován. Je velmi tepelně i mechanicky namáhán a i proto se zde klade velký důraz na výběr vhodného materiálu. [1]

Průměr vtokového kanálu na straně trysky je o 0,5 až 1 mm větší, než je průměr otvoru trysky. Na opačné straně největší průměr kanálu by měl být větší o 1,5 mm, než je tloušťka výstřiku. Je leštěný s drsností 0,1 Ra a má minimální úkos 1,5°. [1]

Pokud ústí vtokový kanál do rozváděcích kanálů, je jeho větší průměr otvoru stejný nebo o trochu větší než rozváděcí kanály. Velikost se určí pomocí údajů pro rozváděcí kanály. V místě spojení je doporučeno konstruovat jímku chladného čela taveniny jako tahače vtoku. [1]

Při ústí vtokového kanálu do dutiny výstřiku je vhodné vytvořit proti ústí vtoku čočkovité zahloubení. Průměr kanálu se určuje empiricky s ohledem na hmotnost výstřiku. [1]



Obr. 10: Vtokové kanály [17]

3.4.3 Rozváděcí kanál

Spojují vtokový kanál s ústím vtoku a tvářecí dutinou. Jejich délka je dána formou. Velikost průřezů určuje řada činitelů. Volí se s ohledem na:

- charakter výstřiku, tloušťku jeho stěn a předpokládanou dobou dotlaku,
- zohlednění tepelné a reologické vlastnosti taveniny, především viskozitu, tepelnou vodivost a další. [1]

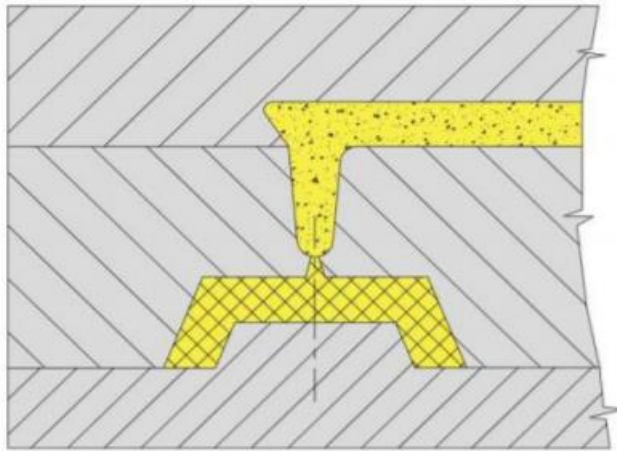
3.4.4 Vtokové ústí

Vytváří se zúžením rozváděcího kanálu. Ve výjimečných případech může být použit plný nezúžený vtok. Jeho zúžením se zvýší klesající teplota taveniny před vstupem do dutiny. Omezí se tím strhávání chladných vrstev z obvodu vtoku a tím vytváření povrchových defektů. [1]

Vtokové ústí se volí co nejmenšího průřezu v závislosti na charakteru výstřiku, technologii vstřikování a plastu. Velikost zúženého průřezu musí spolehlivě naplnit dutinu formy a umožnit případné působení dotlaku. Délka zúženého ústí se volí podle možností co možná nejkratší. Při konstrukci se doporučuje volit vtokové ústí menší, které se může při zkouškách formy dodatečně upravit. Vliv na výslednou kvalitu a vzhled má samotné umístění vtokového ústí. [1]

3.4.5 Bodový vtok

Nejvýznamnější typ vtokového ústí zpravidla kruhového průřezu. Leží mimo nebo v dělicí rovině. Může vycházet přímo z vtokového kanálu, z předkomůrky nebo i z rozváděcích kanálů. Je potřeba systém třídeskových forem. U tohoto typu musí být zajištěno, aby nejprve došlo k odtržení vtokového ústí a poté následně k otevření formy v dělicí rovině. V zúženém místě dochází při odformování k odtržení vtokového zbytku od výrobku. [1]

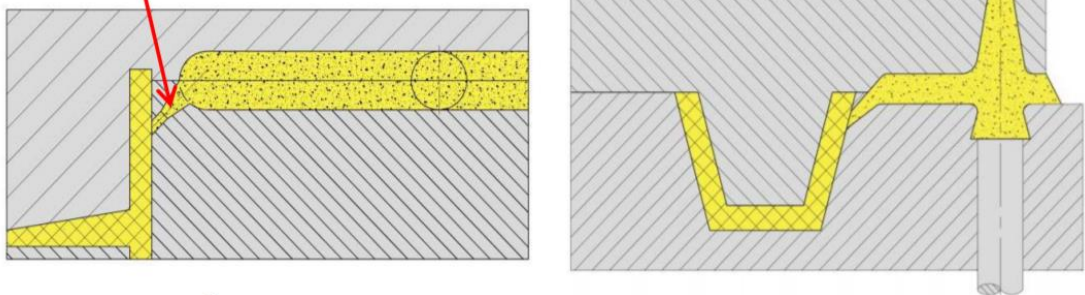


Obr. 11: Bodový vtok z rozváděcího kanálu [17]

3.4.6 Tunelový vtok

Zvláštní případ bodového vtoku. Výhodou je, že vtokový zbytek může ležet ve stejné dělicí rovině jako výrobek. Umístění může být i v pohyblivé části formy. Základem správné funkce je existence ostré hrany, která odděluje při odformování vtokový zbytek od výrobku. Na to je si třeba dát pozor u vzhledově náročných výrobků. Oddělení vtokového zbytku se provádí při otevírání formy, nebo také při vyhození výrobku. [1]

TUNELOVÝ VTOK



Obr. 12: Řez tunelovým vtokem [17]

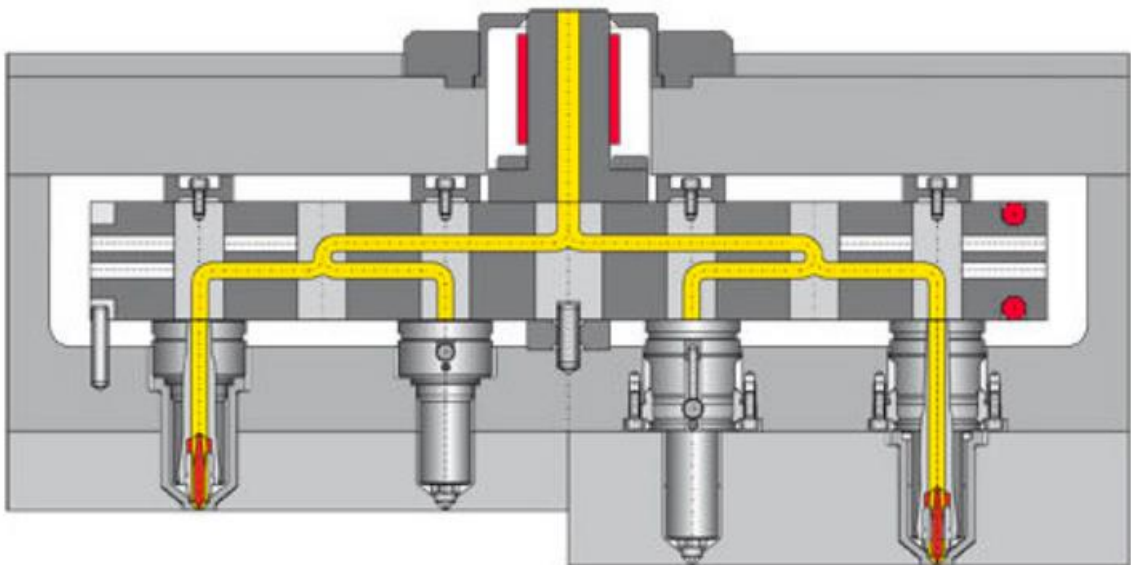
3.5 Vyhříváná vtoková soustava

Metoda vstřikování bez vtokového zbytku. Probíhá za pomoci vyhříváných vtokových soustav (VVS). V dnešní době využívají VVS vyhříváné trysky. Jsou charakterizovány minimálním úbytkem tlaku i teploty v systému s vyhovujícím tokem taveniny. To zapříčinila převážně výroba vysokovýkonných a minimálních topných těles a některých dalších dílů. Oproti běžným formám se studenými soustavami se liší VVS tím, že se nakupují u specializovaných výrobců. Při použití určitého systému je nutné si vyžádat od výrobce potřebné poklady a případně i konzultaci. VVS nám umožňuje:

- automatizaci výroby,
- zkrácení výrobního cyklu,
- snížení spotřeby plastu – vstřikuje se bez vtokových zbytků,
- snížení nákladů na dokončovací práce s odstraněním vtokových zbytků. [1]

Tato technologie vstřikování funguje tak, že tavenina po naplnění formy zůstává v celé oblasti vtoku až do ústí formy v plastickém stavu. Díky tomu využívá bodové vyústění malého průřezu. Je vhodná pro širokou oblast vyráběných výstřiků. I přes malý průřez vtoku je částečná možnost pracovat s dotlakem. [1]

VVS vyžaduje podstatně složitější a výrobně nákladnější formy. VVS musí mít regulátory a snímače. To vše zvyšuje energetickou náročnost výroby. [1]



Obr. 13: Řez vyhříváným blokem [18]

3.5.1 Vyhřívání trysky

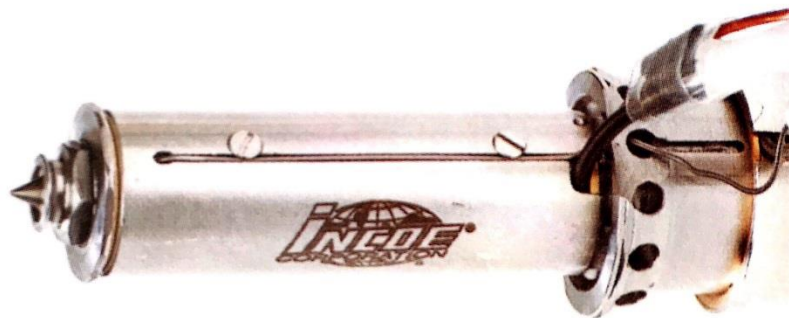
Konstrukce vyhřívání trysky umožňuje propojení vstřikovacího stroje s dutinou formy, při přesné teplotní stabilizaci. Trysky mají svůj vlastní topný článek i s regulací. Mohou být ohřívány i jinými zdroji vtokové soustavy. Umožňují zlepšit technologické podmínky vstřikování. Využívají se trysky s nepřímým a přímým ohřevem a trysky vyhřívání. [1]

Nepřímo vyhřívání trysky dotápěné vyústěním izolovaného rozvodu vtoku. Jsou charakterizovány miniaturním topným tělesem. Těleso je zabudované do ocelového pouzdra, jehož špička zasahuje do vyústění vtoku. Je nutné dodržovat poměrně rychlý pracovní cyklus. [1]

Přímo vyhřívání trysky jsou charakterizovány dvěma základními principy:

- trysky s vnějším topením. Tavenina proudí vnitřním otvorem tělesa trysky. Těleso je vyrobeno z tepelně vodivého materiálu,
- trysky s vnitřním topením. Tavenina obtéká vnitřní vyhřívání vložku.

Vyhřívání trysky s vlastním vyústěním vtoku do dutiny formy. Můžou být provedeny jedním otvorem přímo proti vtokovému kanálu. Při rychlejším pracovním cyklu někdy tavenina nestačí ztuhnout a na výstřiku zůstane stopa nebo i tahá vlas. Dále jsou s více otvory, kde je odstraněna nevýhoda, která vzniká u předešlé trysky. [1]



Obr. 14: Vyhřívání tryska [11]

3.5.2 Vyhřívání rozvodové bloky

Používají se v kombinaci s vyhříváními nebo izolovanými tryskami s předkomůrkami. Jsou určeny k rozvodu taveniny do tvarových dutin vícenásobných forem. Dobrá funkce je

podmíněna rovnoměrným vytápěním. V opačném případě ovlivní tokové chování taveniny a také její tlakové rozložení v tvarových dutinách. [1]

Ocelový rozváděcí blok je uložen mezi upínací a tvarovou desku v pevné části formy. Tvar je konstrukčně přizpůsoben potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění i uložení trysek. Vyrábí se ve tvaru I, X, Y, H, hvězdice a další. Musí být tepelně izolován od ostatních částí formy. Obvykle díky vzduchové mezeře. Vytápí se zvenku elektrickým odporovým topením. Pomocí topných hadů zalitých mědí. Dále se využívají topné patrony s vytápěním zevnitř. [1]



Obr. 15: Vyhříváné rozvodové bloky [19]

3.6 Vyhazování výstříků

Je to činnost, při které se z dutiny nebo z tvárníků otevřené formy vysune nebo vytlačí hotový výstřík. K tomuto slouží vyhazovací zařízení. Zajišťuje automatický výrobní cyklus. Jsou to dvě fáze:

- dopředný pohyb a vlastní vyhazování,
- zpětný pohyb, návrat vyhazovacího systému do původní polohy. [6]

Podmínkou dobrého vyhazování výstříku je hladký povrch, úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Úkosy by neměli být menší než 30° . Vyhazovací systém musí výstřík vysouvat rovnoměrně. Umístění vyhazovačů, rozložení a jejich tvar mohou být různorodé. Mohou být použity, jako část tvárníku nebo k vytvoření funkční dutiny. [6]

Po vyhazovačích většinou zůstanou na výstřiku stopy. Pokud tyto stopy vadí, výstřík se podle možností opraví nebo se vyhazovače umístí na stranu, kde vzhled nebude vadit. I s výstříkem se vyhazuje vtokový zbytek. Při dobrém provedení se vtokový zbytek může rovnou od výstřiku oddělit. [6]

Pohyb vyhazovacího systému se vytvoří:

- narážecím kolíkem o traverzu vstřikovacího stroje při otevírání,
- hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením. Ty bývají obvykle součástí vstřikovacího stroje. Umožňují nám měkké vyhození,
- ručním vyhozením nejrůznějšími mechanismy.

Zpětný pohyb je zprostředkován:

- vratnými kolíky,
- pružiny v kombinaci s jiným systémem,
- speciálními mechanickými, vzduchovými nebo hydraulickými zařízeními. [6]

Vhodný vyhazovací systém musí vyvodit potřebnou vyhazovací sílu pro vyhození výstřiku. Po otevření zůstává výstřík na tvárníku díky smrštění. Může se však stát že zůstane v tvárnici. Vždy je snahou o to, aby zůstal na straně vyhazovačů. [6]

Potřebná vyhazovací síla závisí na:

- velikosti smrštění výstřiku ve formě,
- komplikovanosti výstřiku a jakost povrchu funkčních ploch,
- pružných deformací formy. [6]

Velikost vyhazovací síly se stanoví z vyvolaného smrštění mezi výstříkem a formou tlak, který způsobí tření. K překonání je nutná vyhazovací síla. Síla vyhazovacího systému obzvláště při mechanickém vyhazování bývá předimenzována a výpočet by byl nepřesný tudíž zbytečný. [6]

3.6.1 Pneumatické vyhazování

Je to vhodný systém pro vyhození tenkostěnných výstřiků větších rozměrů ve tvaru nádob, které vyžadují při vyhazování zavzdušnit, aby se nedeformovaly. Běžné mechanické vyhazování větších výstřiků vyžaduje velký zdvih vyhazovače, bez záruky správné funkce. Pneumatické vyhazování zavádí stlačený vzduch mezi výrobek a líc formy. Tím se umožní rovnoměrné oddělení výrobku od tvárníku, vyloučí se místní přetížení a nevznik-

nou na výrobku stopy po vyhazovačích. Použití je omezeno jen na některé tvary výrobků. [6]

3.6.2 Mechanické vyhazování

Mechanické vyhazování je nejrozšířenější. Používá se tam, kde je to jen možné. Jeho konstrukce má různá provedení, které nám představují:

- vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků,
- vyhazování pomocí stírací desky nebo také trubkových vyhazovačů,
- šikmé vyhazování,
- postupné vyhazování,
- speciální vyhazování.

Ve specifických případech, kdy je výstřik mělký, se vyhazovačů nemusí použít. Postačí jen vyhození vtokového zbytku, se kterým je výstřik spojen. [6]



Obr. 16: Trubkový vyhazovač [20]

3.6.3 Hydraulické vyhazování

Bývá součástí vstřikovacího stroje a používá se především k ovládní mechanických vyhazovačů, které nahrazuje pružnějším pohybem a větší flexibilitou. S přímo zabudovanými hydraulickými jednotkami ve formě se setkáváme méně. Více se používají k ovládní bočních posuvných čelistí a také k odformování otvorů kolmo na dělicí rovinu. Vyznačují se velkou vyhazovací silou, kratším a pomalejším zdvihem. [6]

3.7 Temperování forem

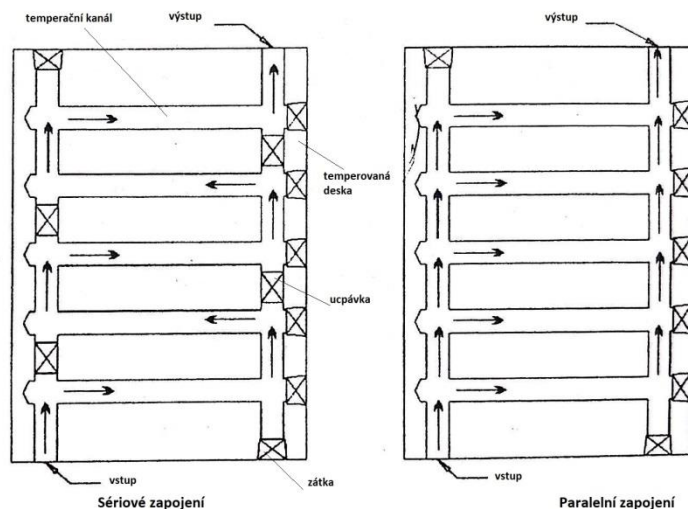
Temperace slouží k udržení konstantního teplotního režimu formy. Cílem je dosáhnout optimálně krátkého pracovního cyklu vstřikování při zachování technologických požadavků na výrobu. Děje se tak ochlazováním, popřípadě vyhříváním celé formy, nebo její části. [6]

Při vstřikování se do formy přivádí roztavený polymer, který se v její dutině ochlazuje na teplotu optimální pro vyjmutí výstřiku. Temperace ovlivňuje plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku se forma ohřeje. Každý další vstřik je třeba vyrobit zase při stejné stanovené teplotě. Je proto nutné toto přebytečné teplo během pracovního cyklu odvést temperační soustavou. Některé plasty se zpracovávají při vyšších teplotách formy (např. PC - 100 až 120°C). V takovém to případě jsou tepelné ztráty formy větší, než je její ohřátí taveninou a musí se ohřívát. [6]

Proto je úkolem temperace:

- zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši po celém povrchu dutiny,
- odvést teplo z dutiny formy naplněné taveninou tak, aby celý pracovní cyklus měl ekonomickou délku. [6]

Pokud má forma dostatečnou hmotnost a dobře vyřešený temperační systém, zvýší se její tepelná a tím i rozměrová stabilita a sníží nebezpečí deformace, při vysokých vstřikovacích tlacích. [6]



Obr. 17: Sériové a paralelní zapojení temperačního okruhu [10]

3.7.1 Charakteristika temperačního systému

Ohřívání, nebo případně ochlazování (temperování) formy na předepsanou teplotu záleží na energetické bilanci formy i okolního prostředí. Teplo se z formy odvádí (přivádí) hlavně temperačním systémem. Mimo to se projeví i státy tepla z formy vedením do upínacích ploch vstřikovacího stroje, dále odvodem tepla okolním vzduchem a také i vyzářením do okolí. Formy na plasty, které se zpracovávají za vyšší teploty, je třeba naopak ohřívat. [6]

Teplota forem a zvláště jejich dutin není během vstřikování konstantní. Po vstřiku nejprve stoupá, poté klesá v důsledku odvodu tepla temperačním systémem. Kolísání teplot by mělo být co nejmenší. Je proto nutné optimalizovat temperační proces. To znamená volit správně velikost a rozmístění jednotlivých kanálů i rychlost a správné nastavení teploty temperačního media. [6]

Temperační systém formy je tvořen soustavou kanálů a dutin. Těmi proudí vhodná kapalina (voda, olej), která udržuje teplotu temperovaných částí na požadované výši. [6]

3.8 Odvzdušnění forem

V době plnění taveninou musí být tvarové dutiny bez problému, tedy rychle a snadno, schopny vytlačit vzduch vyplňující tvarovou dutinu. Uzavřený vzduch brání úplnému zaplnění a vyvolává potřebu zvýšit vstřikovací tlak a snížit vstřikovací rychlost. [9]

Při pomalém plnění dochází k tvoření a uvolňování ztuhlého polymeru ze stěn formy a jeho následného strhávání do proudící taveniny. Tyto částice způsobují heterogenní vměstky a nepříznivě ovlivňují vlastnosti výstřiku. [6]

Nejčastějším jevem při rychlém zaplnění je stlačený vzduch, který se vlivem vysokého tlaku silně ohřívá a způsobuje tzv. Dieslův efekt (spálené místo na výstřiku). To není ze vzhledových ani pevnostních důvodů přípustné. Proto musí být odvzdušnění účinné. [6]

Proto se v této dělicí rovině vytvářejí jemné drážky 0,02 až 0,1 mm hluboké a 3 až 6 mm široké. K odvzdušnění lze také použít kolíkových vyhazovačů, které se po části průřezu zploští přebroušením. Vzniklá vůle umožní unikání vzduchu, ale nikoliv taveniny. [8]



Obr. 18: Odvzdušňovací vyhazovač [22]

3.9 Materiály forem

Pro výrobu forem se používají materiály, které splňují provozní požadavky v optimální míře. Jejich velký výběr byl zredukován na úzký sortiment jakostí i rozměrů. Z toho se dává přednost materiálům univerzálních typů s velkým rozsahem užitných vlastností. Takové druhy jsou:

- oceli vhodných jakostí,
- neželezné slitiny kovů (Cu, Al apod.),
- izolační, tepelně nevodivé a další.

Oceli jsou nejvýznačnější druhem používaných materiálů. Svou pevností a dalšími mechanickými vlastnostmi. Nemůžeme nevěnovat pozornost ostatním materiálům. Některé jejich fyzikální vlastnosti (tepelně vodivé, izolační a další) je předurčují na speciální použití pro některé díly formy. [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny tyto cíle:

- vypracovat literární studii na dané téma,
- provést konstrukci 3D modelu vstřikovaného dílu,
- navrhnout vstřikovací formu pro zadaný díl,
- nakreslit 2D řez vstřikovací formou včetně příslušných pohledů a kusovníku.

V teoretické části se shrnují poznatky týkající se procesu vstřikování, charakteristiky vstřikovacího stroje, základních požadavků na zpracování polymerních materiálů, konstrukci forem a jejich funkčních částí.

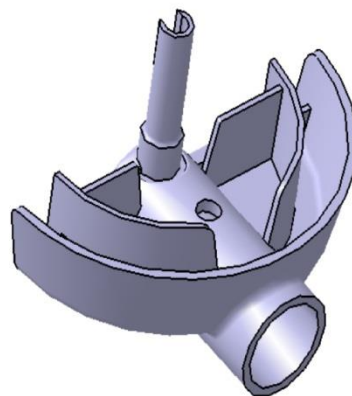
V rámci praktické části bakalářské práce je hlavní náplní nakreslení 3D modelu plastového výrobku. Pro vytvoření modelu se bude vycházet z reálného výrobku, přiděleném zadavatelem bakalářské práce. Následně, po nakreslení 3D modelu plastového dílu, se zkonstruuje sestava vstřikovací formy včetně výkresové dokumentace a kusovníku. Vstřikovací forma je zadána jako čtyřnásobná a se studeným vtokovým systémem.

Vstřikovací forma i 3D model jsou zhotoveny v programu CATIA V5R19. Normalizační díly jsou využity z digitálního katalogu od společnosti HASCO.

5 SPECIFIKACE VÝSTŘIKU

5.1 Vstříkovaný díl

Vstříkovaným výrobkem je půlkruhový díl s několika žebry. Výrobek slouží jako krycí součást spodní strany předních sedadel v automobilu.



Obr. 19: Výrobek a 3D model

5.2 Materiál výstřiku

Z pohledu funkční povahy plastového dílu nejsou nároky na materiál nijak zvlášť vysoké. Výrobek se vyskytuje v prostředí, kde na něj nepůsobí venkovní prostředí svými nepříznivými vlivy jako např. sluneční záření, déšť, sníh, které by plast degradovalo.

Základní požadavky na materiál jsou:

- rozměrová stálost,
- nízká hmotnost,
- pevnost,
- neprůhlednost.

Pro splnění materiálových požadavků se zvolil akrylonitril butadien styren (ABS).

5.2.1 Vlastnosti ABS

ABS je amorfní termoplastický kopolymer, který je odolný proti mechanickému poškození. Akrylonitril butadien styren má vysokou pevnost v tahu, tvrdost povrchu, rozměrovou stálost a tuhost v širokém rozsahu teplot. Vyznačuje se dobrou rázovou pevností při nízkých teplotách od -40 °C. ABS je zdravotně nezávadný a nenasákavý. Akrylonitril a styren zajišťují chemickou odolnost, odolnost vůči teplu a tvrdost. Butadien dodává odolnost proti nárazu. Neupravený plast z ABS má neprůhlednou bílou nebo krémovou barvu. ABS lze snadno obarvit barvivy a pigmenty. [23], [24]

5.2.2 Využití ABS

Díky své univerzálnosti je ABS světově nejpoužívanější technický plast. Využívá se pro široký okruh produktů. Je velmi oblíbený materiál pro výrobu plastových částí spotřebního zboží. Vyrábí se z něj např. interiéry lednic, mobilní telefony, počítače atd. Vzhledem ke svým schopnostem přizpůsobení požadavkům tepelné odolnosti, elektrické izolace, pevnosti v tahu a dalších se používá ve velkých výrobních odvětvích. Mezi největší patří automobilový a letecký průmysl. [24]

Tab. 1. Vybrané vlastnosti ABS [27]

Název materiálu	Akrylonitrilbutadienstyren
Hustota	1,04 g/cm ³
Nasákavost (voda)	0,4 %
Nasákavost (vzdušná vlhkost)	0,1 %
Tažnost	7 %
Pevnost v ohybu	67 MPa
E – Modul pružnosti v tahu	2210 MPa
Teplota měknutí	103 °C
Teplota tání	145 °C

6 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE

Ke vstříkování byl zvolen vstříkovací stroj od německé firmy ARBURG. Jedná se o model ALLROUNDER 320 C GOLDEN EDITION. [25]



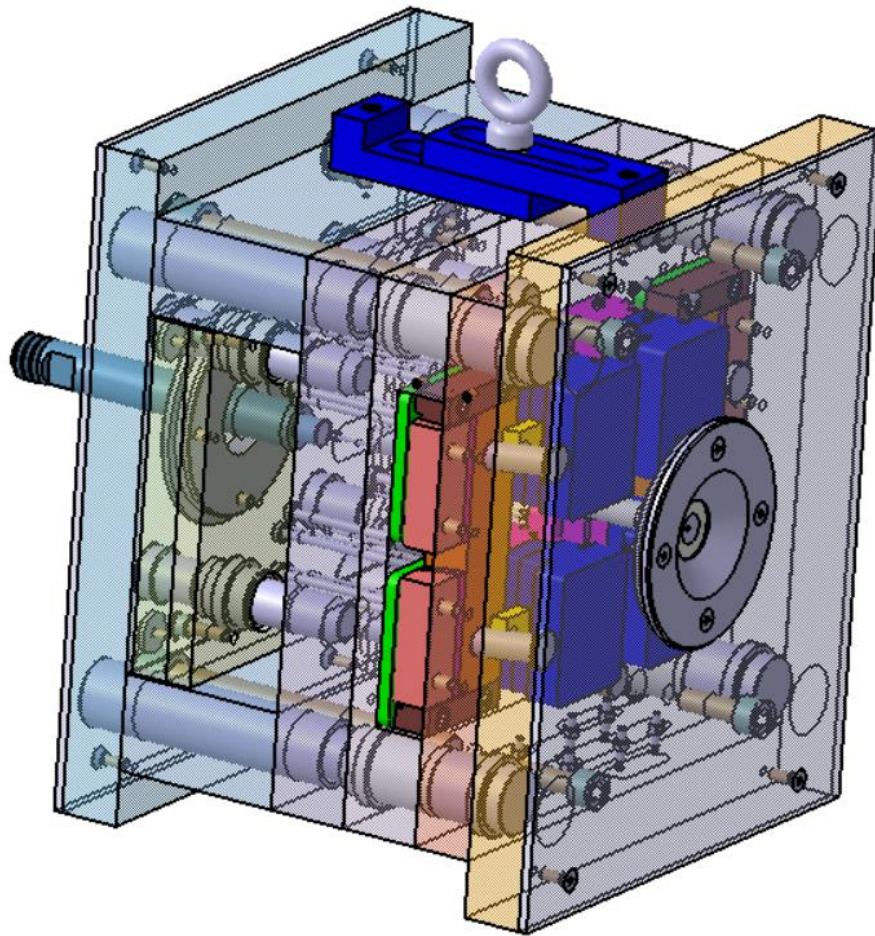
Obr. 20: Vstříkovací stroj ARBURG ALLROUNDER 320 C [26]

Tab. 2. Vybrané parametry vstříkovacího stroje ALLROUNDER 320 C [25]

Parametr	Hodnota
Maximální uzavírací síla	500 kN
Maximální délka otevření	350 mm
Maximální světlost mezi upínacími deskami	550 mm
Minimální výška formy	200mm
Vzdálenost mezi vodícími sloupky	320x320 mm
Velikost upínací desky	446x446 mm
Maximální vyhazovací síla	30 kN
Průměr šneku	35 mm
Maximální objem vstříkované dávky	132 cm ³
Maximální vstříkovací tlak	1470 bar

7 KONSTRUKCE FORMY

Navržená vstříkovací forma je určena dle rozměrů a geometrie daného výrobku. Vstříkovací forma využívá řadu normalizačních dílů, které nabízí několik firem. V této práci bylo využito normalizačních dílů od firmy HASCO. Velikost a rozložení formy se odvíjí od konstrukce tvárníku s tvárnicí a šikmého vyhození jader. Základní rozměr rámu vstříkovací formy byl zvolen 296 x 246 x 229. Celé modelování konstrukce proběhlo, jak už bylo zmíněno, v programu CATIA V5R19.



Obr. 21: Sestava vstříkovací formy

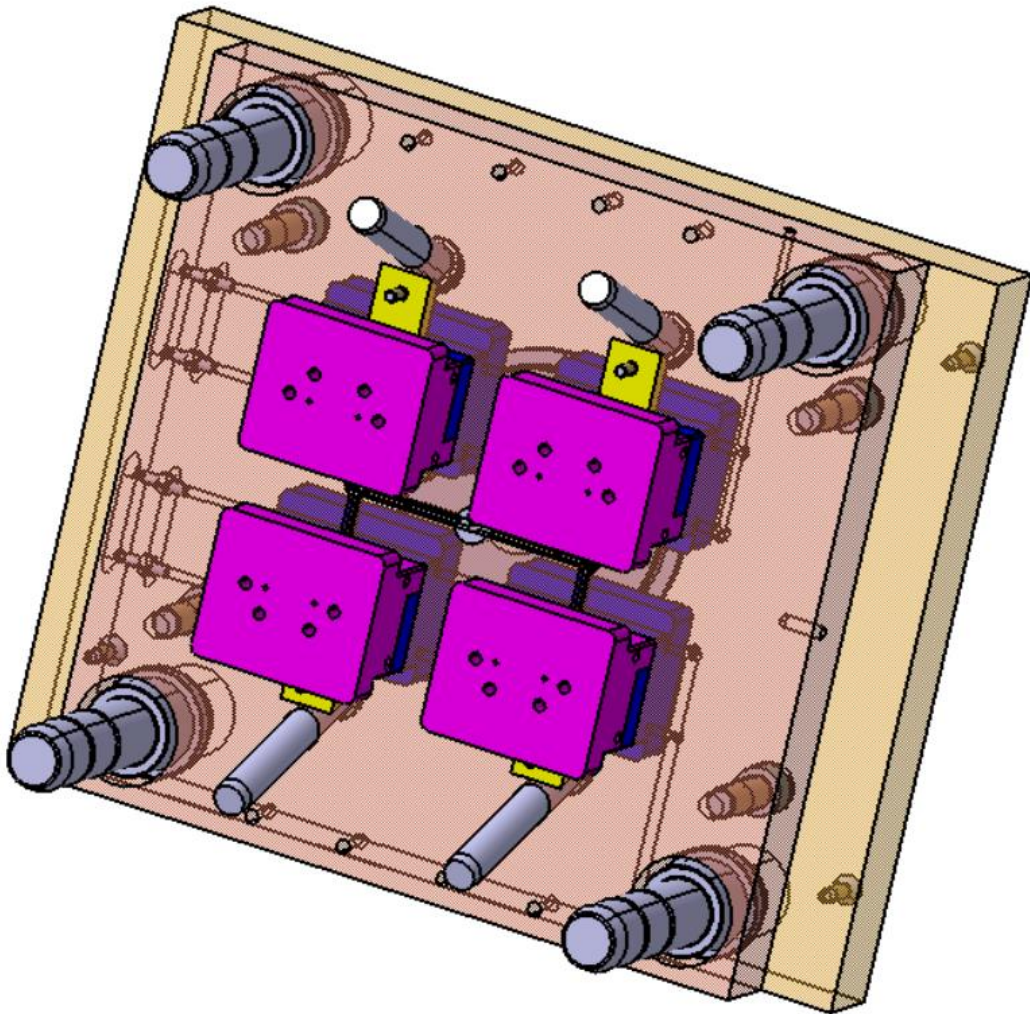
7.1 Násobnost formy

Při volbě násobnosti formy se přihlédlo k několika důležitým činitelům, které ji ovlivňují. Ty jsou především:

- složitost a přesnost výstřiku,

- kapacita vstřikovacího stroje,
- ekonomická stránka (náklady na použitý materiál, náklady na výrobu formy),
- velikost požadované výrobní série.

U součástí složitějších tvarů jsou vhodné jednonásobné formy. Oproti tomu u jednodušších výrobků se sériovou výrobou je vhodné zvolit formu vícenásobnou. Na základě zvoleného výstřiku byla zadána čtyřnásobná forma.

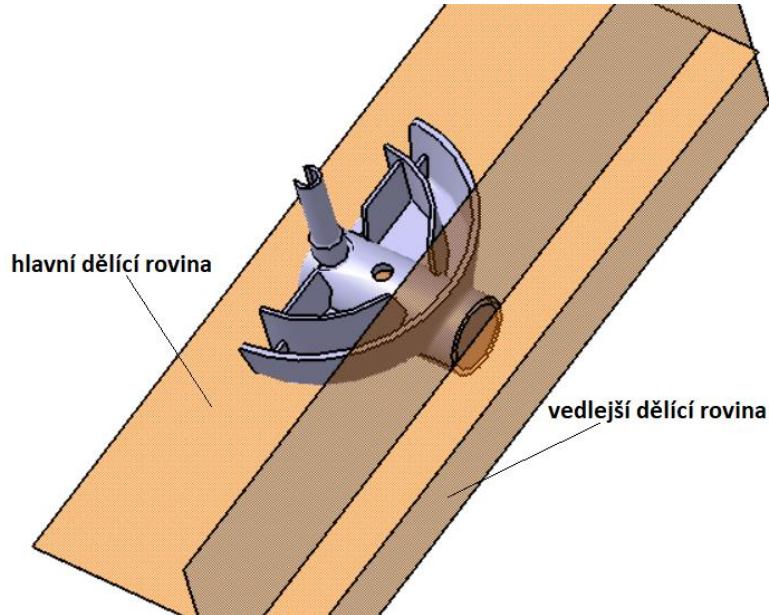


Obr. 22: Násobnost formy, pohled do pravé části formy

7.2 Zaformování výstřiku

Správné zaformování výstřiku je rozhodující při návrhu konstrukce formy. Vychází se ze zvoleného dílu. Pro zadaný díl byly zvoleny dvě dělicí roviny. Hlavní dělicí rovina je

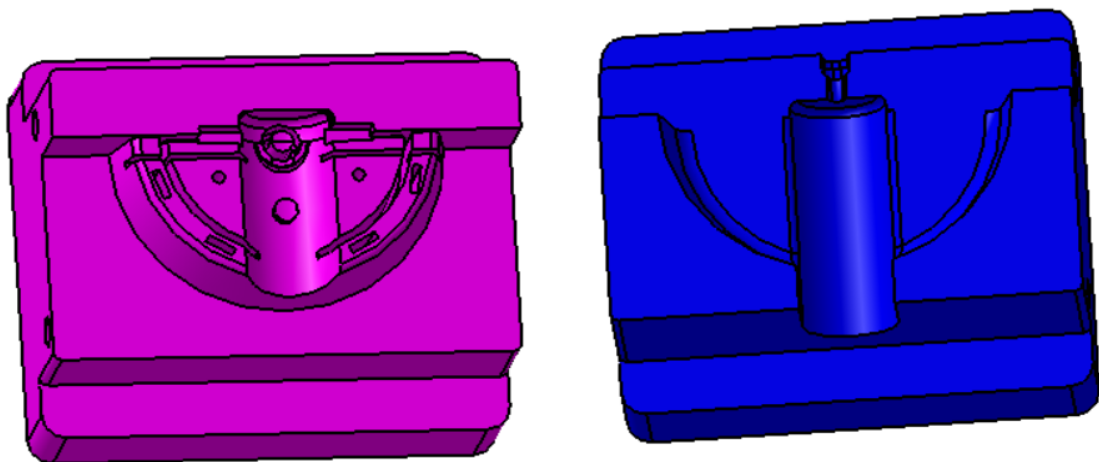
kolmá na směr otevírání formy. Dosedají v ní kotevní desky společně s tvárníkem a tvárnici při uzavření dutiny formy. Vedlejší dělicí rovina je rovnoběžná s otevíráním formy. Pomocí této dělicí roviny se odformuje kus čela dílu a neprůchozí otvor.



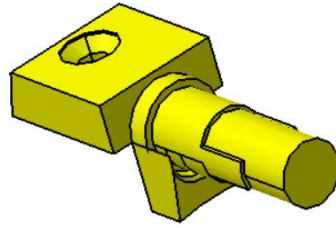
Obr. 23: Dělicí roviny

7.3 Tvarové části formy

Tvarovou dutinu formy tvoří tvárník s tvárnici. Tvárnice udává tvar vnější části výstřiku a tvárník vnitřní. Pro neprůchozí díru a kus šikmého čela bylo vytvořeno jádro, které je přišroubované na boční posuvnou čelist ovládanou šikmými čepy. Pro jádro bylo potřeba zhotovit do tvárnice drážku, do které se při uzavírání formy zasune.



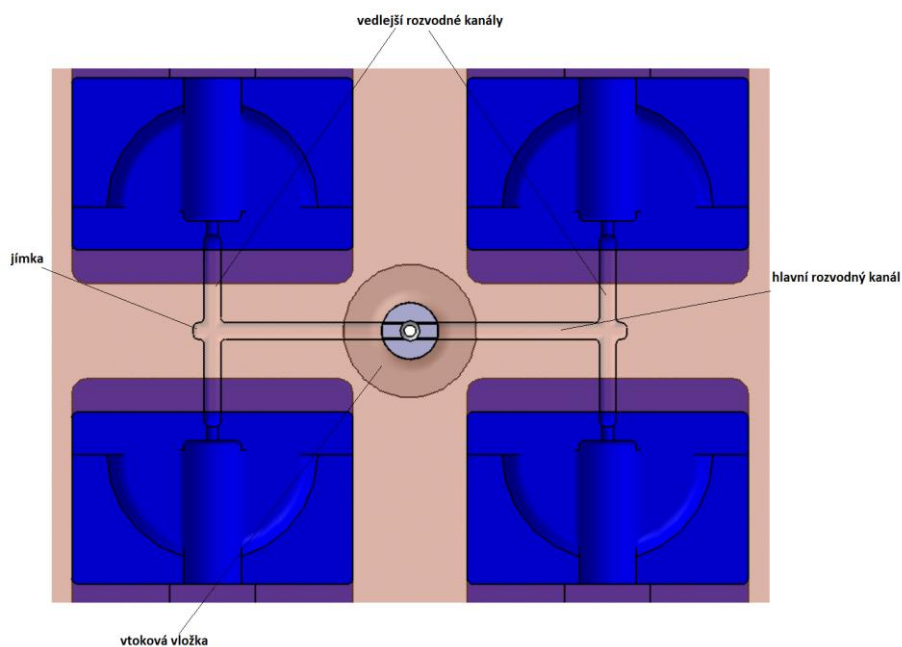
Obr. 24: Tvárník s tvárnici



Obr. 25: Jádro

7.4 Vtokový systém

Vstřikovací forma byla zadána se studeným vtokovým systémem. Studená soustava je energeticky nenáročná a pro zvolený díl je vhodným řešením. Dráha vtokového systému je navržena tak aby dorazila do všech míst dutiny formy ve stejném čase. Rozvodné kanály se zvolily lichoběžníkové. Vtoková vložka je zajištěna proti pootočení vhodným kolíkem. Vtokový zbytek je zajištěn přídržovači vtoku, které slouží zároveň i jako vyhazovače vtoku.

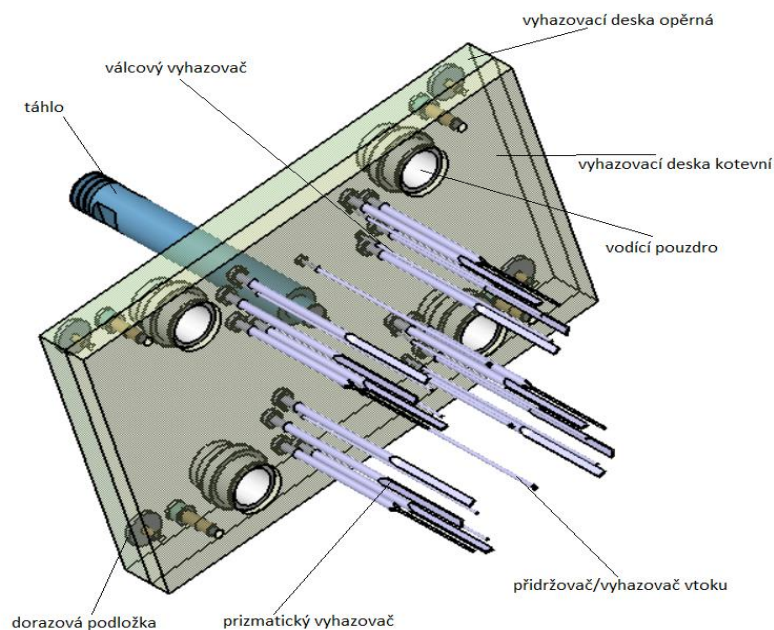


Obr. 26: Rozvodné kanály

7.5 Vyhazovací systém

Při návrhu vyhazovacího systému je důležité si dát pozor na jeho umístění. Vyhazovací systém musí být navržen tak, aby při vyhazování samotné vyhazovače nezanechali stopy na pohledových částech výrobku a právě proto bývá vyhazovací systém umístěn do levé části formy. Po otevření formy musí zůstat výstřik v levé části formy a pomocí vyhazovačů jej dostat ven z formy. V rámci konstrukčního řešení byly využity tři přídržovače vtoku a na vyhození výstřiku byly použity čtyři prizmatické a dva válcové kolíky. Vyhazovače byly vybrány z normálí firmy HASCO a upraveny na požadovaný rozměr.

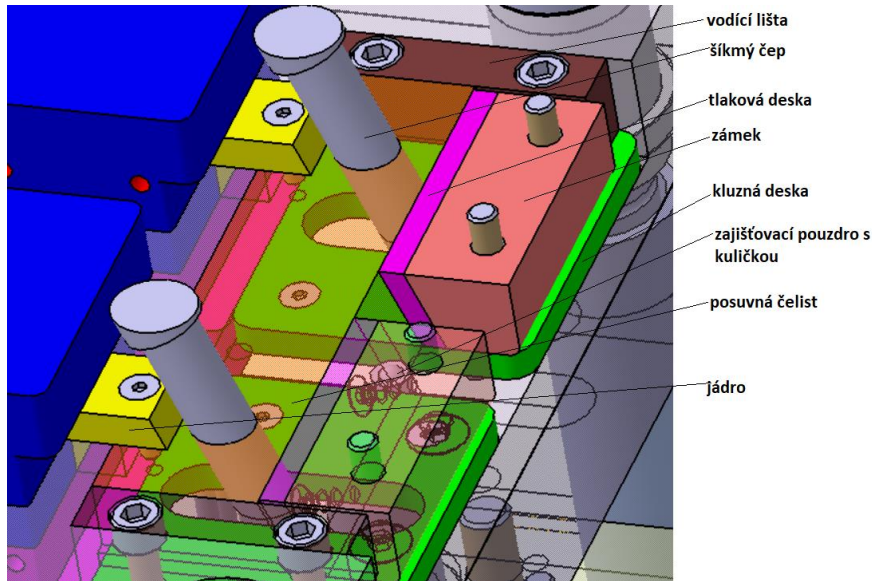
Zdvih vyhazovacího systému je 44 mm, což umožní bezpečné vyhození výstřiku.



Obr. 27: Vyhazovací systém

7.6 Boční odformování

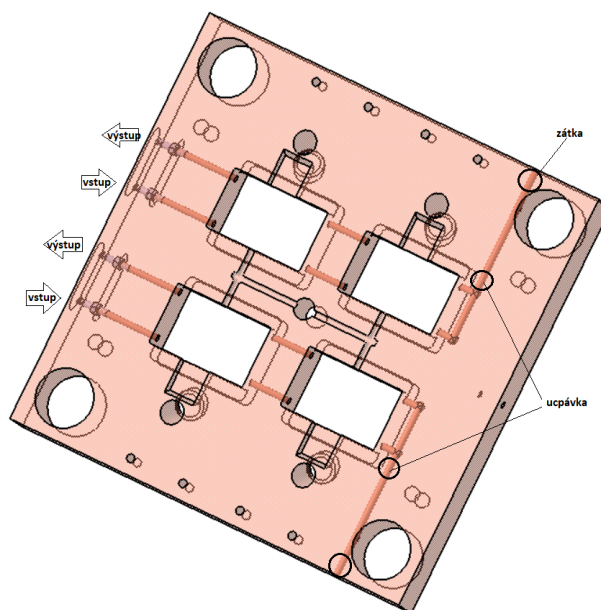
Pro odformování neprůchozí díry a části šikmého čela dílu bylo použito jádro přišroubované na posuvné čelisti. Posuvné čelisti se pohybují po šikmém čepu a posouvají se po kluzné desce. Šikmý čep je dostatečně dlouhý, aby došlo k bezpečnému odformování jádra. Posuvná čelist je zajištěna, při zavřené formě, pomocí zámku a v otevřené poloze ji jistí proti vypadnutí zajišťovací pouzdro s kuličkou.



Obr. 28: Odformování neprůchozí díry

7.7 Temperační systém

Temperační systém má zajistit rovnoměrnou teplotu formy na optimální výši na celém povrchu její dutiny. Temperační systém formy je vytvořen pomocí vzájemně propojených vrtaných kanálů. Průměr kanálu byl zvolen 4 mm, převážně z důvodu nedostatku místa a malých rozměrů formy. Kanály jsou utěsněny ucpávkami a zaslepeny zátkami, aby se temperační medium nedostalo mimo temperační systém formy. V obou částech formy jsou temperační kanály na stejných místech a mají stejné provedení.



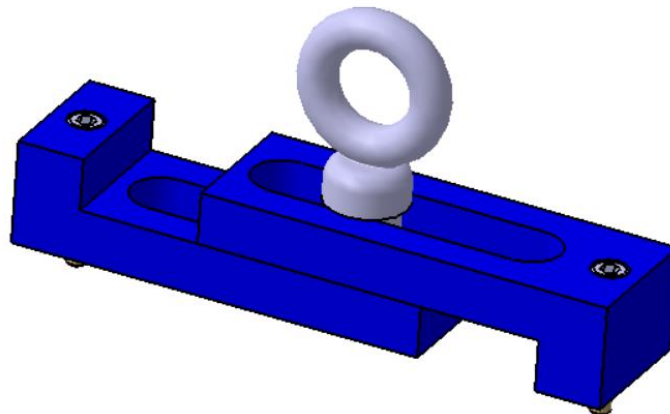
Obr. 29: Temperace pravé části formy

7.8 Odvzdušnění

Vzduch, který je uzavřený v dutinách tvarových desek, je při vstřikování stlačován, což zapříčiní zvýšení teploty. Teplota může dosáhnout kritických hodnot a může dojít k spáleným místům na výstřiku, což je nežádoucí. K odvodu vzduchu se proto mohou vyhotovit v dělicí rovině odvzdušňovací kanálky. V tomto konstrukčním případě se předpokládá, že není potřeba, a vzduch může unikat přes dělicí rovinu a vůli vyhazovačů.

7.9 Manipulační systém

Pro manipulaci s formou byl v tomto případě vyhotoven tzv. transportní můstek. Skládá se ze dvou částí, každá z nich je přišroubována k jedné části formy, aby bylo zamezeno možnému rozdělení formy v dělicí rovině při manipulaci. Další potřebnou částí je transportní oko, které umožní zavěšení formy na zvedací zařízení.



Obr. 30: Transportní můstek

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vstřikovací formu. Vstřikovací forma se přizpůsobila zadanému dílu. Vstřikovaný díl je krycí součást spodní strany předních sedadel v automobilu. Pro výrobek se zvolil materiál akrylonitril butadien styren neboli ABS.

Teoretická část práce se zaměřila na základní rozdělení polymerních materiálů, technologii vstřikování, konstrukci vstřikovacích forem s popisem jednotlivých částí.

Praktická část práce obsahuje konstrukci 3D modelu zadaného dílu, pro kterou byl předlohou reálný výrobek. Podle velikosti a složitosti výrobku se zadala čtyřnásobná vstřikovací forma. 3D model a vstřikovací forma se konstruovali v programu CATIA V5R19. Využívali se normalizační díly z digitálních katalogů od firmy HASCO. To velmi usnadnilo práci a rozmanitost výběru normálí.

Konstrukční návrh vstřikovací formy se potýkal s problematikou šikmého odformování neprůchozí díry a části šikmého čela výrobku. Tento problém byl vyřešen pomocí šikmých čepů a jádra, které nám ideálně odformovalo problematickou část. Díky menším rozměrům vstřikovací formy a dalších procesních parametrů byl zvolen vstřikovací stroj ALLROUNDER 320 C, vyráběný firmou ARBURG. Forma byla zadána se studeným vtokovým systémem. Vtokové kanálky jsou lichoběžníkové a jsou udělány tak, aby tavenina dotekla do všech tvarových dutin zároveň. Odvzdušnění zde bylo řešeno únikem v dělicí rovině a vůli ve vyhazovačích. Temperace je řešena vrtanými kanály, u kterých se předpokládá, že budou dostačující pro zajištění optimální teploty formy. Manipulaci zařizuje transportační můstek na vrchní straně formy.

Součástí práce je i výkresová dokumentace, která byla zhotovena na normalizovaný výkresový formát A3 a přidána k bakalářské práci. Obsahuje pohled na formu směrem od vstřikovací strany, který je rozdělen na několik dalších řezů. Všechny součásti, které forma obsahuje, jsou označeny a zapsány v kusovníku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: I. Díl - Vstřikování termoplastů*. 2. upr. vydání. Brno: Uniplast, 1999, 134 s.
- [2] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. [cit. 2019-05-14]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
- [3] MAŇAS, Miroslav. *Výrobní stroje a zařízení*. Brno: Vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-214-0213-x.
- [4] LENFELD, Petr. *Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
- [5] SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. [cit. 2019-05-14]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
- [6] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů: II. Díl - Vstřikování termoplastů*. 1. Vydání. Brno: Uniplast, 1999, 214 s.
- [7] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. In: . [cit. 2019-05-14]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Impresum.html>
- [8] TOMIS, František; HELŠTÝN, Josef. *Formy a přípravky*. 2. vydání. Brno : VUT, 1985. 374 s.
- [9] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [10] OSSWALD, Tim A., Lih-Sheng TURNG a Paul J. GRAMANN. *Injection molding handbook*. 2nd ed. Munich: Carl Hanser Publishers, c2008, xvii, 764 s. ISBN 978-1-56990-420-6.
- [11] BEAUMONT, John P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 2nd ed. Munich: Hanser Publishers, c2007, xvi, 308 s. ISBN 978-1-56990-421-3.
- [12] *Publi* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/03.html>
- [13] *Arburg* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/cast-pro-novinare/tiskova-zpravy/bulletin/nI/1759/>
- [14] *Publi* [online]. [cit. 2019-05-14]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/01.html>
- [15] *Vstřikovací lisy: Katedra konstruování strojů* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vstrikovaci_lisy.pdf
- [16] *PF Service* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://pfservice.cz/vstrikovaci-formy/>

- [17] *Studené a živé vtokové systémy: Katedra konstruování strojů* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Studene_a_zive_vtokove_systemy.pdf
- [18] *Direct Industry* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.directindustry.fr/>
- [19] *ORYCON* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.oryconeu.cz/produkty/rozvadece>
- [20] *Meusburger* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/index>
- [21] *Temperace vstřikovacích forem: Katedra konstruování strojů* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Temperace_vstrikovacich_forem.pdf
- [22] *Svoboda* [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.jansvoboda.cz/Odvzdusneni-c8701>
- [23] *Wikipedie* [online]. In: . [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Akrylonitrilbutadienstyren>
- [24] *ABS Thermoplast* [online]. In: . [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://tiefziehen.com/cz/ABS/>
- [25] *ALLROUNDER 320 C* [online]. In: . [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_320C_GOLDEN_EDITION_TD_523871_en_GB.pdf
- [26] *KP-KOPRO* [online]. In: . [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://kp-kopro.cz/>
- [27] *AKPLAST* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: http://www.akplast.cz/admin/files/ck/files/TechData/ABS_mat_list.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
Al	Hliník
Cu	Měď
E	Modul pružnosti v tahu [MPa]
HRC	Rockwelova tvrdost
°C	Stupeň Celsia
°	Stupeň
%	Procento
IT	Stupeň přesnosti
MPa	Megapascal
mm	Milimetr
PC	Polykarbonát
R	Rádus [mm]
Ra	Drsnost povrchu [μm]
UV	Ultrafialová
VVS	Vyhřívaná vtoková soustava
2D	Dvou-rozměrný prostor
3D	Tří-rozměrný prostor

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Nadmolekulární struktura amorfního a semikrystalického polymeru [12]	12
Obr. 2: Vstřikovací cyklus [14]	15
Obr. 3: Vstřikovací stroj [13].....	17
Obr. 4: Popis vstřikovací jednotky [15].....	18
Obr. 5: Hydraulické uzavírání stroje [15].....	19
Obr. 6: Hydraulicko-mechanické uzavírání stroje [15]	20
Obr. 7: Vstřikovací forma [16]	22
Obr. 8: Schéma studeného vtoku [17]	26
Obr. 9: Vtoková soustava [17].....	27
Obr. 10: Vtokové kanály [17]	28
Obr. 11: Bodový vtok z rozváděcího kanálu [17].....	29
Obr. 12: Řez tunelovým vtokem [17]	29
Obr. 13: Řez vyhřívaným blokem [18].....	30
Obr. 14: Vyhřívané tryska [11].....	31
Obr. 15: Vyhřívané rozvodové bloky [19].....	32
Obr. 16: Trubkový vyhazovač [20].....	34
Obr. 17: Sériové a paralelní zapojení temperačního okruhu [10].....	35
Obr. 18: Odvzdušňovací vyhazovač [22]	37
Obr. 19: Výrobek a 3D model	40
Obr. 20: Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 320 C [26]	42
Obr. 21: Sestava vstřikovací formy	43
Obr. 22: Násobnost formy, pohled do pravé části formy.....	44
Obr. 23: Dělicí roviny	45
Obr. 24: Tvárník s tvárnici.....	45
Obr. 25: Jádro	46
Obr. 26: Rozvodné kanály	46
Obr. 27: Vyhazovací systém.....	47
Obr. 28: Odformování neprůchozí díry	48
Obr. 29: Temperace pravé části formy	48
Obr. 30: Transportní můstek.....	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Vybrané vlastnosti ABS [27].....	41
Tab. 2. Vybrané parametry vstříkovacího stroje ALLROUNDER 320 C [25]	42

SEZNAM PŘÍLOH

P I VÝKRESY

P II KUSOVNÍK

P III CD DISK